

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-076513
 (43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.CI. H01S 5/183
 G02B 5/26
 G02B 5/28

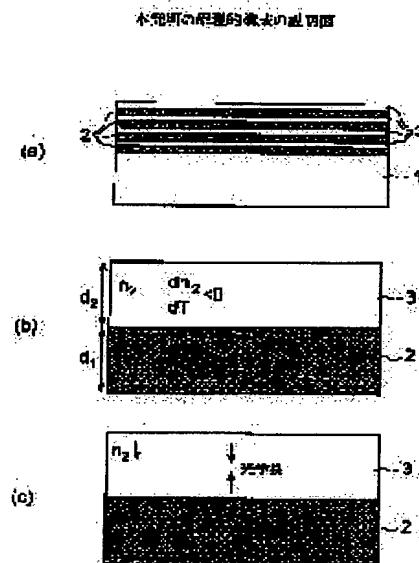
(21)Application number : 2000-265065 (71)Applicant : FUJITSU LTD
 (22)Date of filing : 01.09.2000 (72)Inventor : OTSUBO KOJI

(54) BRAGG'S REFLECTING MIRROR DISTRIBUTED INDEPENDENTLY OF TEMPERATURE AND PLANAR OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the temperature dependency of reflection characteristics of a DBR mirror concerning a temperature independent distributed Bragg's reflecting mirror and a planar optical element.

SOLUTION: At least a pair of film 2 having the positive temperature coefficient of refraction factor and film 3 having the negative temperature coefficient of refraction factor are laminated, and the wavelength of one pair is made into the half integer multiple of a central wavelength so that a distributed Bragg's reflecting mirror can be configured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-76513

(P2002-76513A)

(43)公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51)Int.Cl.
H 01 S 5/183
G 02 B 5/26
5/28

識別記号

F I
H 01 S 5/183
G 02 B 5/26
5/28

テマコード(参考)
2 H 04 8
5 F 07 3

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全9頁)

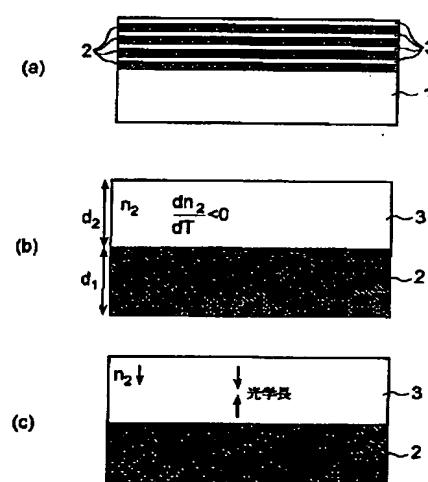
(21)出願番号	特願2000-265065(P2000-265065)	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号
(22)出願日	平成12年9月1日(2000.9.1)	(72)発明者	大坪 孝二 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内
(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成12年度通産省委託事業「軽水炉等改良技術確証試験等(発電設備診断システム開発)」委託研究、産業活性力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)			(74)代理人 100105337 弁理士 真鍋 漸 (外3名) Fターム(参考) 2H048 FA04 FA05 FA07 FA09 FA12 FA24 GA04 GA05 GA13 GA33 GA51 GA61 5F073 AA65 AA74 AB17 CA15 CB02 DA05 DA35 EA03
(54)【発明の名称】	温度無依存分布プラグ反射型ミラー及び面型光学素子		

(57)【要約】

【課題】 温度無依存分布プラグ反射型ミラー及び面型光学素子に関し、D B Rミラーの反射特性の温度依存性を低減する。

【解決手段】 屈折率の温度係数が正の膜2と屈折率の温度係数が負の膜3を交互に少なくとも1ペア以上積層させるとともに、1ペアの光学長を中心波長の半分の整数倍にして分布プラグ反射型ミラーを構成する。

本発明の原理的構成の説明図



1:基板
2:屈折率の温度係数が正の膜
3:屈折率の温度係数が負の膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 屈折率の温度係数が正の膜と屈折率の温度係数が負の膜を交互に少なくとも1ペア以上積層させるとともに、前記1ペアの光学長を中心波長の半分の整数倍にしたことを特徴とする温度無依存分布プラグ反射型ミラー。

【請求項2】 上記屈折率の温度係数が正の膜が、半導体または誘電体のいずれかであり、且つ、上記屈折率の温度係数が負の膜が、半金属またはポリマーのいずれかであることを特徴とする請求項1記載の温度無依存分布プラグ反射型ミラー。

【請求項3】 上記半金属が、Tlを含むIII-V族化合物であることを特徴とする請求項2記載の温度無依存分布プラグ反射型ミラー。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の温度無依存分布プラグ反射型ミラーを備えていることを特徴とする面型光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は温度無依存分布プラグ反射型ミラー及び面型光学素子に関するものであり、特に、面発光レーザ等の面型光半導体素子に用いる多層膜構造の分布プラグ反射型(DBR)ミラーにおける温度依存性を低減するための多層膜材料の選択に特徴がある温度無依存分布プラグ反射型ミラー及び面型光学素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、インターネット利用者数の急激な増大に伴って、光通信システムの整備が急ピッチで進められており、幹線系やアクセス系光通信システムにおける光インターネット接続等に用いられる光デバイスは、主に導波路型デバイスと面型デバイスに分けられる。

【0003】 なかでも、面型デバイスは、低消費電力化が可能であること、二次元高密度アレー素子化が可能であること、実装面においてLSIとの相性が良いこと、或いは、光ファイバへの結合が容易であることなどの利点を有している。

【0004】 このような、面型デバイス、例えば、面発光半導体レーザや面型半導体光増幅装置においては、共振器等を構成するために多層膜DBRミラーが用いられているので、ここで、図10を参照して従来の面発光半導体レーザを説明する。

図10 (a) 参照

まず、n型GaN基板51上に、n型AlAs $\lambda/4$ 膜52及びn型GaN $\lambda/4$ 膜53を交互に積層させて第1半導体DBRミラー54を形成する。なお、第1半導体DBRミラー54を構成する1ペアのn型AlAs $\lambda/4$ 膜52とn型GaN $\lambda/4$ 膜53との合計の光学長は半波長の整数倍になるように構成するものであ

り、この場合の1ペアの光学長は $\lambda/2$ である。

【0005】 図10 (b) 参照

次いで、この第1半導体DBRミラー用ウェハとは別に、レーザ用ウェハとして、まず、In組成比が0.26のInGaAs基板61上に、In組成比が0.245のp型InAlAs $\lambda/4$ 膜62及びIn組成比が0.26のp型InGaAs $\lambda/4$ 膜63を交互に積層させて第2半導体DBRミラー64を形成したのち、p型InAlGaAsクラッド層65、歪量子井戸活性層66、及び、n型InAlGaAsクラッド層67を順次積層させる。なお、第2半導体DBRミラー64を構成する1ペアのp型InAlAs $\lambda/4$ 膜62とp型InGaAs $\lambda/4$ 膜63との合計の光学長は半波長の整数倍になるように構成するものであり、この場合の1ペアの光学長は $\lambda/2$ である。

【0006】 図10 (c) 参照

次いで、InGaAs基板61上に形成したn型InAlGaAsクラッド層67と、n型GaN基板51上に形成した第1半導体DBRミラー54を対向させて接觸させ、加重をかけて加熱処理することによって両ウェハを接着させたのち、InGaAs基板61を選択的に除去することによって面発光半導体レーザの基本構造が完成する。

【0007】 なお、上記の従来の面発光半導体レーザにおいては全体の成膜工程をエピタキシャル成長で行うために、反射器として第1半導体DBRミラー54及び第2半導体DBRミラー64を用いているが、必ずしも半導体DBRミラーに限られるものではなく、互いに屈折率の異なる誘電体多層膜によって形成しても同様の面発光レーザを構成することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述のようにDBRミラーを半導体或いは誘電体によって形成した場合、動作環境温度の変動によって、面発光レーザの発振しきい値 I_{th} 、光出力特性、或いは、面型半導体光増幅器の光増幅特性が変化するという問題がある。

【0009】 即ち、半導体或いは誘電体の屈折率は温度に依存し、DBRミラーを構成する層の光学長が温度によって変化することにより反射特性が変動するためであるので、この事情を図11を参照して説明する。

【0010】 図11 参照

図11は、DBRミラーの反射率の温度依存性の説明図であり、実線は通常の使用環境温度における反射スペクトルを示しており、DBRミラーを構成する層の膜厚によってレーザ発振波長に対する高反射特性が得られる。

【0011】 しかし、半導体及び誘電体の屈折率の温度係数は正であるので、温度が上昇すると禁制帯幅が小さくなり、屈折率が増大するが、屈折率が増大するとDBRミラーを構成する層の光学長が伸び、その結果、反射スペクトルは図において破線で示すように長波長側にシ

3

トするためである。なお、逆に温度が低下した場合には、禁制帯幅が大きくなつて屈折率が低下するが、屈折率が低下するとD B Rミラーを構成する層の光学長が縮み、その結果、反射スペクトルは短波長側にシフトすることになる。

【0012】したがつて、本発明はD B Rミラーの反射特性の温度依存性を低減することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1

(a)は、分布プラグ反射型ミラーの概略的断面図であり、また、図1(b)は分布プラグ反射型ミラーを構成する多層膜の1ペアを示す図であり、さらに、図1(c)は温度が上昇した場合の各膜の屈折率変化及び光学長変化を模式的に示した図である。

【0014】図1(a)乃至(c)参照

(1) 本発明は、温度無依存分布プラグ反射型ミラーにおいて、屈折率の温度係数が正の膜2と屈折率の温度係数が負の膜3を交互に少なくとも1ペア以上積層させるとともに、1ペアの光学長を中心波長の半分の整数倍にしたことを特徴とする。

【0015】この様に、基板1上に屈折率の温度係数が正の膜2と屈折率の温度係数が負の膜3を交互に少なくとも1ペア以上積層させることによって、光学長の温度変動を互いに相殺することができ、それによって、反射特性の温度変化を低減することができる。

【0016】即ち、図1(b)に示すように、屈折率の温度係数が正の膜2の膜厚をd₁、屈折率をn₁、屈折率の温度係数が負の膜3の膜厚をd₂、屈折率をn₂、絶対温度をT、とした場合、温度係数(d n₁ / d T)及び温度係数(d n₂ / d T)は、その定義から、
 $d n_1 / d T > 0, d n_2 / d T < 0$
 となる。なお、中心波長をλ、mを整数とした場合、
 $n_1 d_1 + n_2 d_2 = m (\lambda / 2)$
 を満たすようにする。

【0017】図1(c)に示すように、温度が上昇した場合、屈折率の温度係数が正の膜2の屈折率n₁が増加し、光学長が伸び、一方、屈折率の温度係数が負の膜3の屈折率n₂が増加し、光学長が縮むので、全体として光学長の変動は相殺されることになる。

【0018】特に、屈折率の温度係数と膜厚の関係が、
 $(d n_1 / d T) d_1 + (d n_2 / d T) d_2 = 0$
 を満たすようにすることによって、反射特性の温度変化をなくすことができる。

【0019】(2) また、本発明は、上記(1)において、屈折率の温度係数が正の膜2が、半導体または誘電体のいずれかであり、且つ、屈折率の温度係数が負の膜3が、半金属またはポリマーのいずれかであることを特徴とする。

4

【0020】この様に、屈折率の温度係数が正の膜2としては、III-V族化合物半導体や多結晶Si等の半導体、或いは、SiO₂やTiO₂等の誘電体膜が好適であり、また、屈折率の温度係数が負の膜3としては、BiやTiGaAs等の半金属、或いは、PMMA(ポリメタクリル酸メチル)等のポリマーが好適である。

【0021】(3) また、本発明は、上記(2)において、半金属が、Tiを含むIII-V族化合物であることを特徴とする。

【0022】この様に、半金属として、TiGaAs等のTiを含むIII-V族化合物を用いた場合、屈折率の温度係数が正の膜2としてIII-V族化合物半導体を用いることによって、分布プラグ反射型(D B R)ミラー全体をエピタキシャル成長によって形成することができ、特に、面発光半導体レーザ或いは面型半導体光増幅器等の面型光学素子に適用した場合には、全体の成膜工程をエピタキシャル成長で行うことができる。

【0023】(4) また、本発明は、面型光学素子において、上記(1)乃至(3)のいずれかに記載の温度無依存性分布プラグ反射型ミラーを備えていることを特徴とする。

【0024】この様に、上記(1)乃至(3)のいずれかに記載の温度無依存性分布プラグ反射型ミラーを面型光学素子に適用することによって、温度変動の少ない面型光学素子を構成することができる。なお、この場合の面型光学素子としては、面発光半導体レーザ、面型半導体光増幅器、或いは、面型光学フィルタ等が典型的なものである。

【0025】

【発明の実施の形態】ここで、図2及び図3を参照して本発明の第1の実施の形態の製造工程を説明する。

図2(a)参照

まず、InAs基板11上に、MBE法(モレキュラービーム・エピタキシー)を用いて、AlAsSb膜12及びTiGaAs膜13を交互に1~40ペア、例えば、25ペア積層させて第1D B Rミラー14を形成する。この場合、AlAsSb膜12及びTiGaAs膜13の1ペア分の膜厚が、光学長としてレーザ発振波長λの1/2の整数倍、例えば、λ/2倍になるように形成する。なお、図においては、図示を簡単にするために4ペアのみを図示している。

【0026】図2(b)参照

一方、このD B Rミラー用ウェハとは別に、レーザ用ウェハとして、まず、In組成比が0.26のInGaAs基板15上に、MOVPE法(有機金属気相成長法)を用いて、Zn濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さが178.2nmで、In組成比が0.256、Al組成比が0.21のp型InAlGaAsクラッド層16、歪量子井戸活性層17、及び、Si濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さが178.2nmで、In組成比が0.25

50

6、Al組成比が0.21のn型InAlGaAsクラッド層18を順次積層させる。

【0027】図2(c)参照

図2(c)は、図2(b)の破線で示す矩形内を模式的に拡大したものであり、この場合の歪量子井戸活性層17としては、厚さが、10nm、In組成比が0.256、Al組成比が0.21で、ノン・ドープのi型InAlGaAs障壁層19を3層と、厚さが7nm、In組成比が0.47でノン・ドープのi型InGaAs歪井戸層20を2層とを交互に積層させて構成する。なお、この歪量子井戸活性層17の発光波長は1.3μmとなる。

【0028】図3(d)参照

次いで、InGaAs基板15上に形成したn型InAlGaAsクラッド層18と、InAs基板11上に形成した第1DBRミラー14とを対向させて接触させ、加重をかけて熱処理炉(図示せず)内に導入する。この熱処理炉内に、H₂ガスを導入し、例えば、650℃の温度において、例えば、10分間熱処理することによって両ウェハを接着させる。

【0029】図3(e)参照

次いで、InAs基板11のみを選択的に除去したのち、再び、図2(a)に示したのと同様の第2のDBRミラー用ウェハを用い、p型InAlGaAsクラッド層16と、TlGaAs膜21とAlAsSb膜22とを交互に積層させて形成した第2DBRミラー23とを対向させて接触させ、H₂ガス雰囲気中で加重をかけて、例えば、650℃の温度において、例えば、10分間熱処理することによって両ウェハを接着させる。最後に、第2のDBRミラー用ウェハの基板(図示を省略)を除去することによって、本発明の第1の実施の形態の面発光半導体レーザの基本構造が完成する。

【0030】図4参照

図4は、AlAsSbとTlGaAsの禁制帯幅と格子定数の相關の説明図(必要ならば、H. Koh, et al., Record of the 16th Electronic Materials Symposium, Minoo, pp. 19-20, July 9-11, 1997参照)であり、InAsに格子整合するAlAsSbは1.6eV程度の正の禁制帯幅を有しており、一方、InAsに格子整合するTlGaAsは-0.8eV程度の負の禁制帯幅を有しており、この様なTlGaAsは半金属となる。

【0031】この様な負の禁制帯幅を有する半金属は、屈折率の温度係数も負となるので、屈折率の温度係数が正のAlAsSbと組み合わせることによって、DBRミラーの温度依存性を低減することができる。

【0032】特に、AlAsSb膜の屈折率を

n_{AlAsSb}、膜厚をd_{AlAsSb}、TlGaAs膜の屈折率をn_{TlGaAs}、膜厚をd_{TlGaAs}とし、Tを絶対温度とする

と、屈折率の温度係数は、夫々、d n_{AlAsSb} / d T、d n_{TlGaAs} / d Tで表され、(d n_{AlAsSb} / d T) d n_{AlAsSb} + (d n_{TlGaAs} / d T) d T_{TlGaAs} = 0を満たすように膜厚を設定することによって、DBRミラーの温度依存性を完全になくすことができる。

【0033】次に、図5を参照して、本発明の第2の実施の形態のDBRミラーを説明する。

図5参照

まず、ガラス基板31上に、PMMA(ポリメタクリル酸メチル)をスピンドルコート法によって塗布してPMMA膜32を形成したのち、真空蒸着法によって多結晶Si膜33を形成し、この様な工程を1~10ペア分、例えば、5ペア分形成することによってDBRミラー34が完成する。なお、PMMA膜32及び多結晶Si膜33の1ペア分の膜厚は、光学長としてレーザ発振波長λの1/2の整数倍、例えば、1×(λ/2)に形成する。

【0034】この場合、PMMAと多結晶Siの屈折率差は約2.0であるので、5ペアで99%以上の反射率を得ることが可能であり、また、PMMAは屈折率の温度係数は負であるので、上記の第1の実施の形態と同様に温度依存性の小さなDBRミラーを実現することができる。

【0035】次に、図6を参照して、本発明の第3の実施の形態のDBRミラーを説明する。

図6参照

まず、ガラス基板31上に、PMMAをスピンドルコート法によって塗布してPMMA膜32を形成したのち、真空蒸着法によってTiO₂膜35を形成し、この様な工程を1~10ペア分、例えば、7ペア分形成することによってDBRミラー36が完成する。なお、PMMA膜32及びTiO₂膜35の1ペア分の膜厚は、光学長としてレーザ発振波長λの1/2の整数倍、例えば、1×(λ/2)に形成する。

【0036】この場合も、PMMAの屈折率の温度係数は負であるので、上記の第2の実施の形態と同様に温度依存性の小さなDBRミラーを実現することができる。

【0037】次に、図7を参照して、本発明の第4の実施の形態のDBRミラーを説明する。

図7参照

まず、ガラス基板31上に、真空蒸着法によって、半金属であるBi膜37を形成したのち、再び、真空蒸着法によってSiO₂膜38を形成し、この様な工程を1~10ペア分、例えば、5ペア分形成することによってDBRミラー39が完成する。なお、Bi膜37及びSiO₂膜38の1ペア分の膜厚は、光学長としてレーザ発振波長λの1/2の整数倍、例えば、1×(λ/2)に形成する。

【0038】この場合も、半金属であるBiの屈折率の温度係数は負であるので、上記の第1の実施の形態と同様に温度依存性の小さなDBRミラーを実現することができる。

できる。

【0039】次に、図8を参照して、本発明の第5の実施の形態の面型半導体光増幅器を説明する。

図8参照

図8は、本発明の第5の実施の形態の面型半導体光増幅器の概略的断面図であり、図3(e)に示す面発光半導体レーザのInAs基板11を選択的に除去したものであるので、製造工程の説明は参照する。なお、電極に関しては図示を省略する。この場合、歪量子井戸活性層17の発振波長である約1.3μmの光を吸収を防止するためにInAs基板11を除去したものである。

【0040】この面型半導体光増幅器において、一方のDBRミラー、例えば、第1DBRミラー14側からレーザ光を入射させた場合、増幅されて第2DBRミラー23側から出射されることになる。

【0041】この場合も、第1DBRミラー14及び第2DBRミラー23の反射特性の温度依存性は小さいので、光増幅特性が温度変動の影響を受けることがなく、安定した光増幅特性を実現することが可能になる。

【0042】次に、図9を参照して、本発明の第6の実施の形態の面型光学フィルタを説明する。

図9(a)参照

図9(a)は、本発明の第6の実施の形態の面型光学フィルタの概略的断面図であり、まず、上記の第4の実施の形態と同様に、ガラス基板41上に真空蒸着法を用いたBi膜41及びSiO₂膜42を交互に、例えば、5ペア形成して第1DBRミラー44を形成する。この場合も、Bi膜41及びSiO₂膜42の1ペア分の膜厚は、光学長として透過光の波長λの1/2の整数倍、例えば、1×(λ/2)に形成する。

【0043】次いで、InP基板上にInGaAsP層(いずれも図示せず)を介して厚さd_fが透過光の波長λの整数倍、例えば、1×λのInP膜45を形成したのち、上記の第1の実施の形態と同様に両方のウェハをInP膜45と第1DBRミラー44とを対向させ、加圧した状態で加熱処理することによって接着する。

【0044】次いで、InP基板及びInGaAsP層を除去したのち、再び、真空蒸着法を用いて、SiO₂膜46及びBi膜47を交互に5ペア形成することによって第2DBRミラー48を形成することによって光学フィルタの基本構造が完成する。

【0045】図9(b)参照

図9(b)は、上記の図9(a)に示した面型光学フィルタの反射率特性を模式的に示した図であり、InP膜45の膜厚に応じた波長の光のみを選択的に透過させることができる。

【0046】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載した構成に限られるものではなく、各種の変更が可能である。例えば、上記の第1の実施の形態においては、DBRミラーの成膜方

法としてMBE法を用いているが、MBE法に限られるものではなく、MOVPE法を用いても良いものである。

【0047】また、上記の第1の実施の形態においては、InAs基板に格子整合するAlAsSb及びT1GaAsを用いているが、図から明らかのように、GaSb基板を用い、GaSb基板に格子整合するAlAsSb及びT1GaAsを用いても良いものである。

【0048】また、第1の実施の形態においては、屈折率の温度係数が負の材料としてT1GaAsを用いているが、T1GaAsに限られるものではなく、InP基板を用い、InP基板に格子整合するT1GaP或いはT1GaAsPを用いても良いものであり、このようなT1を含むIII-V族化合物を用いることによって、全ての成膜工程をエピタキシャル法によって行うことが可能になる。

【0049】また、上記の第2乃至第4の実施の形態においては、エピタキシャル成長法を用いていないので、基板として安価なガラス基板を用いているが、ガラス基板に限られるものではなく、任意の基板を用いても良いものである。但し、用途にもよるが、対象となる光の波長に対して透明な基板を用いることが望ましい。

【0050】また、上記の第2乃至第4の実施の形態においては、屈折率の温度係数が正の膜として、多結晶Si、TiO₂、SiO₂を用い、一方、屈折率の温度係数が負の膜として、PMMA及びBiを用いて3つの組み合わせを示しているが、このような3つの組合せに限られるものではなく、通常の半導体及び誘電体の屈折率の温度係数は正であり、また、通常の半金属の屈折率の温度係数は負であるので、各種の半導体或いは誘電体と、PMMA等のポリマー或いは半金属とを任意に組み合わせても良いものである。

【0051】また、上記の第2乃至第4の実施の形態においては、単純なDBRミラーとして説明しているが、実際には、第1の実施の形態の面発光半導体レーザ、第5の実施の形態の面型半導体光増幅器、或いは、第6の実施の形態の面型光学フィルタのDBRミラーとして用いるものであり、第2乃至第4の実施の形態の様に透明なガラス基板を用いた場合には、基板は必ずしも除去する必要はない。

【0052】また、上記の第6の実施の形態においては、ガラス基板を用いているが、InP基板を用いて、DBRミラーをInPに格子整合するAlAsSbとT1GaPによって構成し、全体をエピタキシャル成長法によって形成しても良いものである。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、DBRミラーを屈折率の温度係数が正の薄膜と屈折率の温度係数が負の薄膜を交互に積層することによって構成しているので、DBRミラーの反射特性の温度依存性を低減することができ、

それによって、広い温度範囲において安定に発振する面発光半導体レーザ及び半導体光増幅器を実現することができ、ひいては、光通信システムの高密度化或いは低消費電力化に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】AlAsSbとT1GaAsの禁制帯幅と格子定数の相関の説明図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態のDBRミラーの説明図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態のDBRミラーの説明図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態のDBRミラーの説明図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態の面型半導体光増幅器の概略的断面図である。

【図9】本発明の第6の実施の形態の面型光学フィルタの説明図である。

【図10】従来の面発光半導体レーザの製造工程の説明図である。

【図11】従来のDBRミラーの反射率の温度依存性の説明図である。

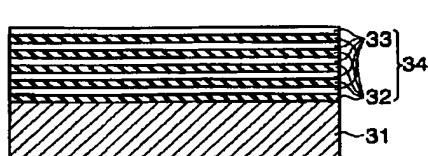
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 屈折率の温度係数が正の膜
- 3 屈折率の温度係数が負の膜
- 11 InAs基板
- 12 AlAsSb膜
- 13 T1GaAs膜
- 14 第1DBRミラー
- 15 InGaAs基板
- 16 n型InAlGaAsクラッド層

- 17 歪量子井戸活性層
- 18 p型InAlGaAsクラッド層
- 19 i型InAlGaAs障壁層
- 20 i型InGaAs歪井戸層
- 21 T1GaAs膜
- 22 AlAsSb膜
- 23 第2DBRミラー
- 31 ガラス基板
- 32 PMMA膜
- 10 33 多結晶Si膜
- 34 DBRミラー
- 35 TiO₂膜
- 36 DBRミラー
- 37 Bi膜
- 38 SiO₂膜
- 39 DBRミラー
- 41 ガラス基板
- 42 Bi膜
- 43 SiO₂膜
- 20 44 第1DBRミラー
- 45 InP膜
- 46 SiO₂膜
- 47 Bi膜
- 48 第2DBRミラー
- 51 n型GaAs基板
- 52 n型AlAs $\lambda/4$ 膜
- 53 n型GaAs $\lambda/4$ 膜
- 54 第1半導体DBRミラー
- 61 InGaAs基板
- 30 62 p型InAlAs $\lambda/4$ 膜
- 63 p型InGaAs $\lambda/4$ 膜
- 64 第2半導体DBRミラー
- 65 p型InAlGaAsクラッド層
- 66 歪量子井戸活性層
- 67 n型InAlGaAsクラッド層

【図5】

本発明の第2の実施の形態のDBRミラーの説明図

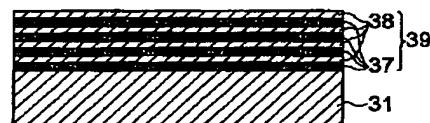


31:ガラス基板
32:PMMA膜

33:多結晶Si膜
34:DBRミラー

【図7】

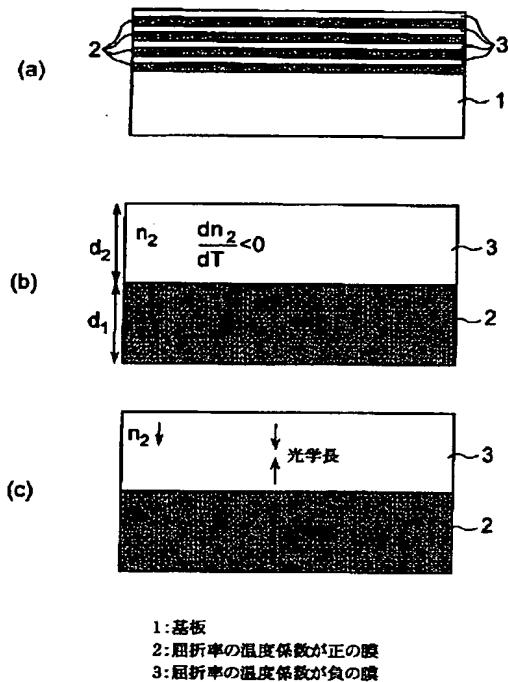
本発明の第4の実施の形態のDBRミラーの説明図



31:ガラス基板
37:Bi膜
38:SiO₂膜
39:DBRミラー

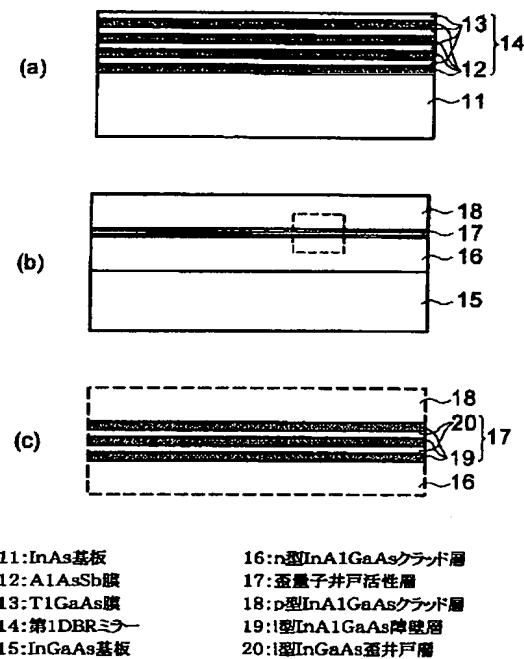
【図1】

本発明の原理的構成の説明図



【図2】

本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図



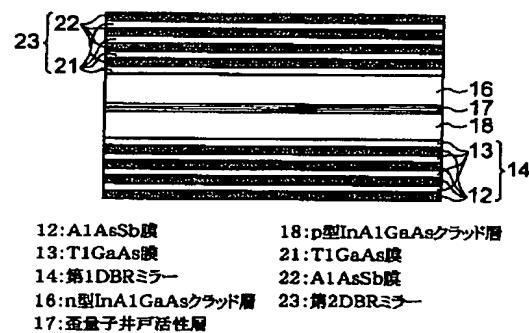
【図6】

本発明の第3の実施の形態のDBRミラーの説明図



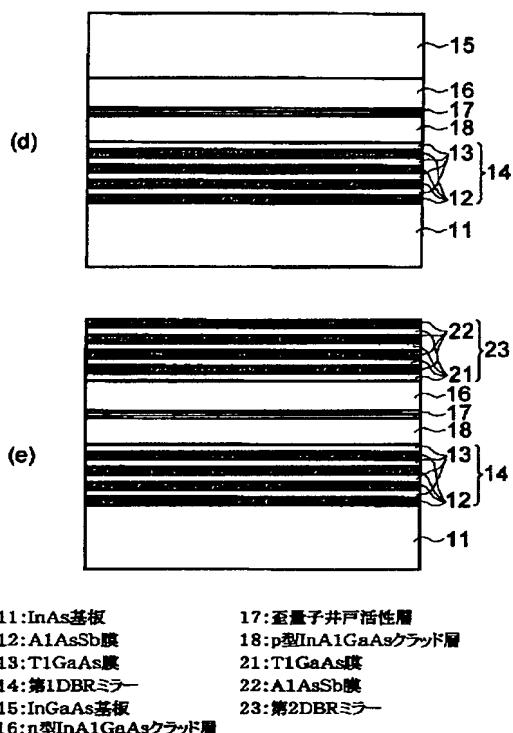
【図8】

本発明の第5の実施の形態の面型半導体光増幅器の概略的断面図



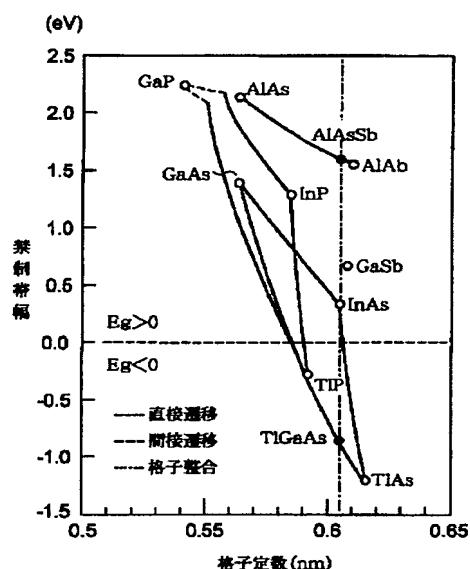
【図3】

本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図



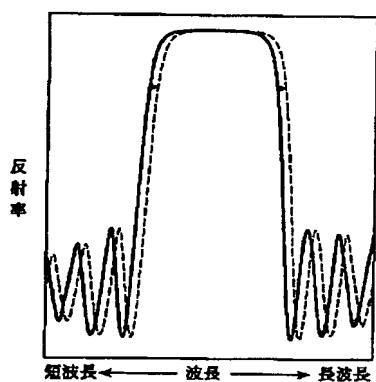
【図4】

AlAsSbとTlGaAsの禁制帯幅と格子定数の相關の説明図



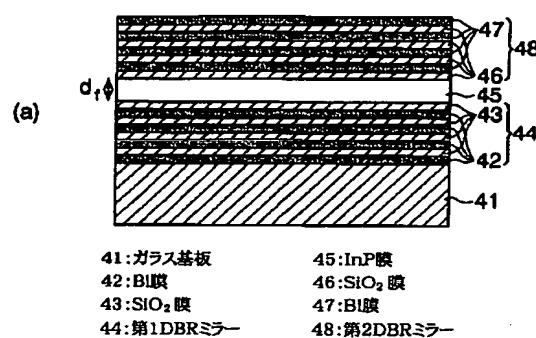
【図11】

従来のDBRミラーの反射率の温度依存性の説明図

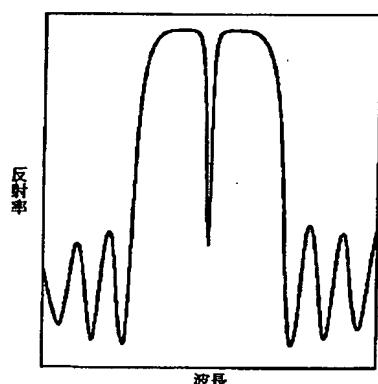


【図9】

本発明の第6の実施の形態の面型光学フィルタの説明図

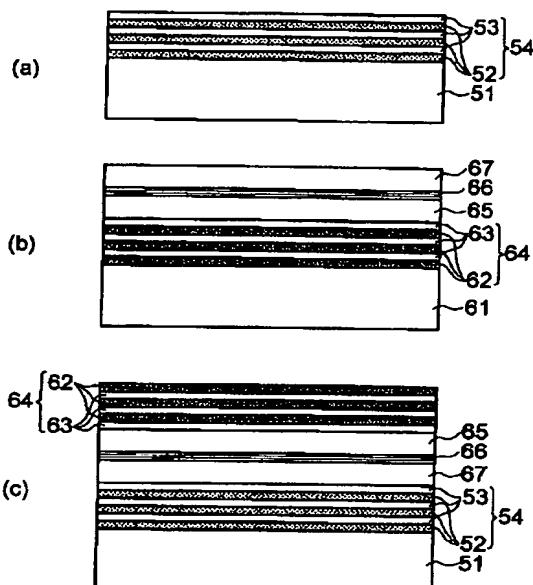


(b)



【図10】

従来の面発光半導体レーザの製造工程の説明図



THIS PAGE BLANK (USPTO)